

⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑩ Offenlegungsschrift
DE 41 32 637 A 1

⑨ Int. Cl. 5:
A 01 M 7/00
E 01 H 11/00

⑪ Aktenzeichen: P 41 32 637.7
⑫ Anmeldetag: 1. 10. 91
⑬ Offenlegungstag: 8. 4. 93

DE 41 32 637 A 1

Best Available Copy

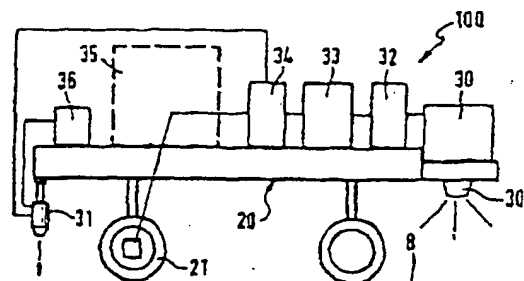
⑦ Anmelder:
Kühbauch, Walter, Prof. Dr., 5357 Buschhoven, DE
⑧ Vertreter:
Müller-Gerbes, M., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 5300 Bonn

⑦ Erfinder:
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤ Verfahren und Vorrichtung zur gesteuerten Unkrautbekämpfung

⑥ Die Erfindung beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Abgabe von Herbiziden bei der Unkrautbekämpfung in Abhängigkeit von dem optisch erfaßten und rechnergestützt ausgewerteten Unkrautbekämpfungsgrad (Abb. 12).



DE 41 32 637 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und Vorrichtung zur Unkrautbekämpfung im Nutzpflanzenbau sowie auf bebautem Gelände, wie Wegen, Bahndämmen, durch Versprühen von Herbiziden oder Einsatz anderer Mittel auf bewachsenem Untergrund.

Unerwünschtes Pflanzenwachstum (Unkraut) wird im Nutzpflanzenbau, insbesondere in der Landwirtschaft, aber auch auf bebautem Gelände, Wegen, Straßen, Hofflächen sowie im Bereich der Gleiskörper und Bahndämme auf Bahngelände in der Regel mit Herbiziden beseitigt. Vielfach bis ausschließlich erfolgt die Beseitigung dieser unerwünschten Pflanzen durch flächenhafte Ausbringung von Herbiziden. Die flächenhafte Ausbringung ist dabei weitgehend ungezielt und hat zur Folge, daß in großem Umfang Flächen mit Herbiziden abgespritzt werden, auf denen keinerlei oder vernachlässigbar geringes Unkrautwachstum stattfindet.

Diese Art der Herbizidverbringung stellt somit eine unnötige Belastung der Umwelt in den o.g. Bereichen dar, die unter allen Umständen zu vermeiden ist. Auch andere bekannte Maßnahmen gegen Unkraut leiden an mangelhafter Präzision in der Anwendung und sind daher teuer und/oder schädlicher als notwendig wäre.

Zur Lösung des Problems wird das Verfahren gemäß Patentanspruch 1 vorgeschlagen.

Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß die Herbizidspritzung oder andere Maßnahmen der Unkrautkontrolle (z. B. Abflammen) mit optischen Sensoren gekoppelt und über automatisierte bildanalytische Auswertung der Sensordaten der Vorgang der Unkrautbeseitigung gesteuert bzw. ausgelöst wird.

Auf diese Weise ist es möglich, bei einer fortlaufenden Abtastung eines Geländes die Menge des verspritzten Herbizids an das vorhandene Unkraut, d. h. den Bedeckungsgrad anzupassen. Es wird nicht nur teures Herbizid eingespart, sondern auch die Umweltbelastung reduziert.

Die Erfindung nutzt eine echtfarben-tüchtige quantitative Bildanalyse mittels eines Rechners (Computers). Hierbei wird zur Diskriminierung und quantitativen Erfassung einer Unkrautpopulation die unterschiedliche spektrale Information von Boden und Pflanze herangezogen und über eine rechnergestützte Farbklassenbildung ein zweidimensionales Binärbild erstellt. Dieses Binärbild wird mit vorgegebenen Schwellenwerten, je nach Anwendungsgebiet, im Rechner verglichen, um bei Unterschreiten oder Überschreiten der Schwellenwerte einen Impuls zur Steuerung oder Abgabe von Herbizid auszulösen.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens der in Abhängigkeit von der Unkrautbedeckung gesteuerten, d. h. regelbaren Abgabe der Menge an Herbizid je Flächeneinheit oder anderer Unkrautkontrollmaßnahmen wird gemäß den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruches 2 vorgeschlagen. Um größere Flächen gleichzeitig abzutasten und nach Bedarf zu besprühen, sind bevorzugt mehrere optische Sensoren in einer Linie angeordnet, wobei diese einzeln oder auch zu mehreren zusammengefaßt, verstellbar sein können, beispielsweise zur Anpassung an den Untergrund. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den Ansprüchen 3 und 4 entnehmbar.

Die Erfindung wird nachfolgend an Ausführungsbeispielen erläutert. Es zeigen

Abb. 1 Prinzip der bildanalytisch gesteuerten Herbizidabgabe

Abb. 2 Schematische Darstellung der Grüninformation eines Getreidefeldes.

Abb. 3 Toleranzbereich der Grüninformation nach Abb. 2.

Abb. 4-6 Bildauswertung der Rot-Grün-Blau (RGB)-Signale.

Abb. 7-11 Messungen von Unkraut in Getreidefeldern vor dem Hintergrund des jungen Getreidebestandes.

Abb. 12 Schematische Seitenansicht einer verfahrbaren Vorrichtung zur gesteuerten Herbizidabgabe oder anderer Unkrautkontrollmaßnahmen auf Bahndämmen.

Nachfolgend wird die Erfindung als Problemlösung bei Maßnahmen gegen Unkraut am Beispiel einer Herbizidspritzung erläutert.

In der Abb. 1 ist das Prinzip der Sensor- bzw. bildanalytisch gesteuerten Herbizidspritzung in den wesentlichen Komponenten 1 bis 6 dargestellt. Der Signalfuß geht von einem gegenüber Pflanzen sensitiven Sensor aus, z. B. mit IR- oder GRÜN-empfindlicher Optik 1. Die Signalverarbeitung 2 zielt ab auf eine binäre Auswertung der Bildinformation (Binärbild), die unterscheidet zwischen Vegetation (von Pflanzen überdeckte Bildfläche) und Nichtvegetation (von Pflanzen freie Bildfläche). Bildeinzug und Bildauswertung sind in nahezu Echtzeit im Raster von z. B. 512-512 oder 1024-1024 Bildpunkten (Pixel) durchzuführen. Die Schaltung des Impulsgebers 4, mit dem über eine Mechanik z. B. bei Einsatz von Herbiziden 5 der Spritzvorgang an den Spritzventilen 6 ausgelöst wird, kann erfolgen bei jeglicher Verunkrautung; in diesem Fall wird alleine über die spektrale und die geometrische (Auflösung in Bildpunkte) Empfindlichkeit des Sensors der Spritzvorgang ausgelöst. Alternativ hierzu können über die Steuereinheit 3 variabel programmierte Schwellenwerte vorgegeben werden. In diesem Fall geht der Signalfuß über Komponente 3, Impulsgeber 4, Mechanik der Spritzauslösung 5 zum Spritzventil 6.

Der in der Abb. 1 dargestellte Systemumfang der bildanalytisch gesteuerten Herbizidspritzung bzw. Unkrautkontrolle wird am Anwendungsfall einer Herbizidspritzung in Getreidefeldern erläutert.

Mit der gegenwärtigen Praxis der Unkrautkontrolle im Getreidebau werden nach Erfahrungen der zurückliegenden Jahre in mehr als 50% der Anwendungsfälle Herbizide angewandt, ohne daß damit größere Ertrags-einbußen als es dem Kostenaufwand für die Behandlungsmaßnahme entspricht, verhindert werden. Letztlich geht es darum, den Herbizidaufwand wo immer das möglich ist, zu senken und auf den tatsächlich notwendigen Umfang zu beschränken; d. h. die Präzision des Herbizideinsatzes im Getreidebau muß verbessert werden.

Vorgeschlagen wird eine Erkennung des Unkrautdeckungsgrades im Getreide mit farbtüchtigen Videosensoren bzw. Infrarotsensoren und Verarbeitung der Farbinformation in Echtzeit, um damit den Spritzvorgang zu steuern. Erfast werden im Getreide die Bildsignale sowohl der Kultur- wie auch der Unkrautpflanzen.

Es ist davon auszugehen, daß die Anzahl der grünen Bildpunkte, soweit diese vom Getreide stammen, einen relativ konstanten Wert repräsentiert, dessen Niveau von lückenhaften Beständen unterschritten, von zu dichten bzw. verunkrauteten Beständen überschritten wird.

Die Abb. 2 zeigt eine schematische Darstellung der "Grüninformation" verunkrauteter (A), unkrautfreier (B) und lückiger Getreidebestände (C). Linke Bildhälfte: Bestandsaufnahme als Binärbild.

Rechte Bildhälfte: Anzahl der als Pflanzenmasse iden-

tifizierten Bildpunkte.

Im Anwendungsfall wird an kleinen Flächenausschnitten des Getreidefeldes eine Vorbehandlung mit Voraufherbiziden durchgeführt. Es entsteht damit im jeweiligen Getreidefeld ein Kontrollstreifen (Trainingsfeld), das weitgehend unkrautfrei ist und dessen Blattgrün fast ausschließlich von Getreide stammt. Anhand dieser Kontrollstreifen werden Bildsignale aufgenommen, die dem zulässigen Schwellenwert B der grünen Bildpunkte, siehe Abb. 2, entsprechen. Die über den Fall B hinausgehende Häufigkeit der Bildpunkte A, siehe Abb. 2, stammt in der Regel von unerwünschter Begleitvegetation und löst programmgemäß den Spritzvorgang oder andere Kontrollmaßnahmen aus. Die Berücksichtigung lückiger Stellen im Getreidebestand ist insofern wesentlich, als auch in diesem Bereich aufgrund eines über längere Zeit ungestörten Wachstums eine starke Konkurrenz des Unkrautes gegen die Kulturpflanzen stattfinden kann. Dieser Fall ist in Abb. 2 mit der Bildpunktmenge C dargestellt.

Es ergibt sich somit ein Toleranzbereich T, d. h., ein tolerierbarer Bereich der grünen Bildpunkte, bei dem der Spritzvorgang unterbleibt, aus der Anzahl der Bildpunkte entsprechend der Formel

$$T = A - [(A - B) + C]$$

Analog zu Abb. 2 ist der Toleranzbereich t; siehe Abbildung 3, bildhaft dargestellt.

Die Abb. 3 zeigt den Toleranzbereich T der im Getreide zulässigen "Grüninformation". Der Auslösebereich für den Spritzvorgang oder andere Kontrollmaßnahmen ist schraffiert dargestellt.

Der Auslösebereich ergibt sich aus Abb. 2 nach oben bei Überschreiten der Bildpunkte von B in den beiden Flächenachsen Bx und By, nach unten bei Unterschreiten der Bildpunkte von C in beiden Flächenachsen Cx und Cy.

Die Abb. 4 bis 6 zeigen Verarbeitungsschritte zur Bildauswertung von Unkraut aufnahmen (RGB-Signal), ausgehend vom digitalisierten Originalbild, siehe Abb. 4, über eine Verstärkung der "Grüninformation" durch Farbdifferenzbildung, siehe Abb. 5, bis zum Binärbild, mit dem die Anzahl der grünen Bildpunkte bzw. deren Flächenanteil wiedergegeben wird, siehe Abb. 6.

Die exklusive Grüninformation kann entweder über diese Echtfarbdiskriminierung oder über Infrarotaufnahmen erfolgen, siehe z. B. Angewandte Botanik 59, 209 - 218/1985, Aufsatz von W. Kühbauch oder J. Agromy Crop. Science, 153, 32 - 39/1984

Im einzelnen zeigen

Abb. 4 Digitale Bildvorlage zur Erkennung des Blattgrüns

Abb. 5 Verstärkung der Grüninformation durch Farbdifferenz Rot-Grün (R-G)

Abb. 6 Binärbild mit den als Pflanzenmasse identifizierten Bildpunkten.

Die Abb. 7 - 11 zeigen an zwei unterschiedlich verunkrauteten Flächen, siehe Abb. 7, daß selbst ein geringer Umfang der Verunkrautung (Fläche 1) vor dem Hintergrund des Getreides bildanalytisch sicher erkannt wird, siehe Abb. 8. In der stärker verunkrauteten Getreidefläche 2 konnte vor dem Hintergrund des Getreides das Unkrautwachstum über einen längeren Vegetationszeitraum mit 80 bis 95% Sicherheit erfaßt werden.

Abb. 7 Verlauf des Unkrautdeckungsgrades in % (UKDG%) im Winterweizenbestand in den Versuchsfeldern 1 und 2 an Terminen (11 bis 110) - Mittel aus 6

Wiederholungen

Abb. 8 Mittelwerte des Unkrautdeckungsgrades in % (UKDG%) der einzelnen Untersuchungstermine (11 bis 19) auf Versuchsfeld 1 (Signifikanzniveau der Konfidenzintervalle = 95%) angegebene Zeitspanne in der die untere Konfidenzintervallgrenze größer oder gleich Null bleibt

Abb. 9 Mittelwerte des Unkrautdeckungsgrades in % (UKDG%) der einzelnen Untersuchungstermine (11 bis 110) auf Versuchsfeld 2 (Signifikanzniveau der Konfidenzintervalle = 80%) angegebene Zeitspanne in der die untere Konfidenzintervallgrenze größer oder gleich Null bleibt

Abb. 10 Mittelwerte des Unkrautdeckungsgrades in % (UKDG%) der einzelnen Untersuchungstermine (11 bis 110) auf Versuchsfeld 2 (Signifikanzniveau der Konfidenzintervalle = 85%) angegebene Zeitspanne in der die untere Konfidenzintervallgrenze größer oder gleich Null bleibt

Abb. 11 Mittelwerte des Unkrautdeckungsgrades in % (UKDG%) der einzelnen Untersuchungstermine (11 bis 110) auf Versuchsfeld 2 (Signifikanzniveau der Konfidenzintervalle = 95%) angegebene Zeitspanne in der die untere Konfidenzintervallgrenze größer oder gleich Null bleibt.

Das gemeinsame Problem der Unkrautbekämpfung auf Bahndämmen und in Reihenkulturen besteht darin, daß sowohl in den zwischenreihen landwirtschaftlicher Reihenkulturen wie Mais oder Zuckerrüben als auch auf Bahndämmen jegliches Unkrautwachstum unerwünscht ist. D.h., sämtliche in den Zwischenreihen von Reihenkulturen erfaßte Vegetation bzw. auf Bahndämmen ist mit Herbizideinsatz oder anderen geeigneten Maßnahmen zu unterdrücken. In beiden Anwendungsfällen sind die zu behandelnden Flächen in parallelen Streifen optisch zu erfassen, d. h., der in Abb. 1 dargestellte Systemumfang ist hier prinzipiell in mehrfacher Anordnung zu verwenden.

Die Erhaltung der Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit des Bahnbetriebes erfordert u. a. Maßnahmen gegen den Unkrautbewuchs auf Bahndämmen und Gleisanlagen. Durch den Pflanzenbewuchs würde die ungestörte Belüftung und Entwässerung des Schotterbetts behindert und damit die Tragfähigkeit und Stabilität der Gleisanlagen gefährdet. (Laermann 1985)

Die nachweisbaren Belastungen der Vegetation, von Böden und Gewässern durch Herbizide und die weitreichende Sensibilisierung der Bevölkerung gegen Pflanzenschutzmittel fordern jedoch, daß Herbizide nur noch gezielt eingesetzt werden. Die Praxis der Unkrautkontrolle auf Gelände der Bundesbahn (BB) war in jüngster Zeit wiederholt öffentlicher Kritik ausgesetzt, weil Herbizide in zu großen Mengen eingesetzt werden und diese z. T. zur Kontamination angrenzender Bereiche der Vegetation sowie von Gewässern führten.

Eine weitere Anwendung der Erfindung ist die Problemlösung auf Bahndämmen.

Zur Lösung des o.g. Problems wird ein sensorgesteuerter Herbizideinsatz vorgeschlagen. Die Ausbringung von Herbiziden soll hierbei auf diejenigen Bereiche des Gleiskörpers und der Bahndämme beschränkt sein, auf denen tatsächlich Pflanzenbewuchs vorkommt. D.h., der Herbizideinsatz erfolgt nur punktuell und ist unmittelbar an die "Erkennung" des Blattgrüns durch den Sensor gebunden. Die Steuerung des Spritzvorgangs erfolgt nach dem in Abb. 1 gezeigten Prinzip mit geeigneter Unterteilung des Bahnkörpers in parallele Streifen, welche separat von der Optik abgetastet bzw. angespritzt

werden.

Im vorliegenden Fall ist insbesondere darauf hinzuweisen daß eine präzise Unterscheidung der Pflanzenorgane vor dem relativ einförmigen Untergrund der Gleisbettung mit größter Wahrscheinlichkeit gelingt. Erforderlichenfalls kann wie oben geschildert die Farbgebung der Pflanzen sowie der Hintergrund in seine Farbkomponenten Rot, Grün und Blau zerlegt und durch verschiedene Methoden der Verrechnung der digitalen Bilddaten die Grüninformation verstärkt werden. Rechnerschritte dieser Art können in quasi Echtzeit durchgeführt werden.

Mit Wahrscheinlichkeit genügt es jedoch auf Bahnkörpern, die Pflanzenerkennung mit einem im grünen Spektralbereich empfindlichen Sensor oder IR darzustellen.

Der vorgeschlagene Lösungsansatz übertrifft den gegenwärtigen Stand der Technik bei weitem (vergleiche Literatur) und dürfte zu einer erheblichen Einsparung von Herbiziden zur Aufwuchskontrolle auf Gleiskörpern und Bahndämmen führen.

Eine verfahrbare Vorrichtung zum Erfassen der Verunkrautung und Regelung der Abgabemenge zeitlich und örtlich von Herbizid ist in Abb. 12 dargestellt.

Auf einem Wagen 20, z. B. bei Bahndämmen einer Bahnlafette, ist eine Gerätekombination aufgebaut, die bevorzugt in einer Linie mehrere optische Sensoren, wie Videokameras 30 enthält, deren Auge 301 nach unten Richtung Boden B gerichtet ist. Die Videokameras 30 sind an einen Rechner 32 mit Speichereinheit gekoppelt, der die ankommenden Farbsignale verarbeitet, mit Schwellenwerten vergleicht und an den Impulsgeber 33 entsprechende Signale weitergibt.

Außer dem Impulsgeber 33 ist auf dem fahrbaren Untersatz 20 mit Rädern 21 der Herbizidbehälter 35 sowie eine oder mehrere Spritzvorrichtungen, d. h. Ventile 31, Düsen oder dergleichen vorgesehen.

Die Sensoren sind in Fahrtrichtung des Untersatzes 20 vorne angebracht, während die Ventile 31 am hinteren Ende des Untersatzes angeordnet sind. Zum Ausgleich der von der Fahrgeschwindigkeit des Untersatzes abhängigen Verzögerung des Abstandes zwischen Sensor und zugehörigen Ventilen auf dem Untersatz ist noch ein Verzögerungsglied 34 mit Abtastung der Fahrgeschwindigkeit zwischen Impulsgeber 35 und Ventilen 31 geschaltet. Zum Versprühen von flüssigem Herbizid ist noch ein Kompressor 36 in der Zuleitung vom Behälter zu den Ventilen vorgesehen.

In der Abb. 13 ist eine mögliche Ausgestaltung der Vorrichtung nach Abb. 12 bei Einsatz auf einem Bahndamm 15 mit einer Gleisanlage 11, 12 schematisch dargestellt.

Der fahrbare Untersatz 20 rollt mit seinen Rädern 21 auf den Gleisen 12. In Anpassung an den Bahnkörper 15, der teilweise Unkraut 14 aufweist, ist der fahrbare Untersatz 20 mit drei Segmenten 10 zum optischen Erfassen der Oberfläche des Bahnkörpers und nachfolgender geregelter Besprühung ausgerüstet. Jedes Segment 10 ist mit mindestens einer Videokamera mit Auge 301 für einen Erfassungsbereich (Kegel) und einer Spritzeinrichtung z. B. in Gestalt eines Stabes mit Düsen 31 ausgestattet, der den Bereich überdeckt, den der zugeordnete Sensor-Videokamera abtastet.

Für den Bahnkörper nach Abb. 13 ist der fahrbare Untersatz mit 3 Segmenten 10 ausgestattet, wobei das mittlere Segment auf dem Untersatz montiert ist und rechts und links ein seitliches Segment überkragt, das über Gelenkarme 16, 17 verstellbar ist und damit dem

Untergrund anpaßbar ist.

Die zentralen Einrichtungen wie Herbizidbehälter, Rechner, Speicher, Impulsgeber, Verzögerungseinrichtung sind nur auf einem Segment, z. B. auf dem mittleren, d. h. unmittelbar dem fahrbaren Untersatz vorgesehen. Es ist auch möglich auf einem Segment zwei oder mehr Sensoren anzuordnen.

Unter Berücksichtigung der Fahrgeschwindigkeit sowie der Abstände von Sensor zu Ventilen wird rechnergestützt die "Grüninformation" der Video-Farbkameras in Echtzeit ermittelt und bewertet. Mit Überschreiten eines im Rechner einprogrammierten einstellbaren Schwellenwertes-Toleranzbereiches — der "Grüninformation" an Bildsignalen wird dann die Abgabe von Herbiziden über das Öffnen und Schließen der Ventile/Düsen geregelt. Damit ist sichergestellt, daß nur in den Bereichen des Bahnkörpers Herbizide angewandt werden, in denen tatsächlich Unkraut vorhanden ist. Wenn kein "Grünsignal" kommt, wird auch nicht gespritzt.

Patentsprüche

1. Verfahren zur Unkrautbekämpfung im Nutzpflanzenbau sowie auf bebautem Gelände, wie Wegen, Bahndämmen, durch Versprühen von Herbiziden auf bewachsenem Untergrund, dadurch gekennzeichnet, daß

a) der Untergrund fortlaufend mittels optischer Sensoren abgetastet und die von den optischen Sensoren erhaltenen Farbsignale mittels eines Rechners in binäre Bildsignale der Qualitäten

— grüne Bildsignale für von Pflanzengrün bedeckte Bildfläche

— nichtgrüne Bildsignale für von Pflanzengrün freie Bildfläche umgesetzt werden,

b) die so erhaltenen binären Bildsignale fortlaufend mit einem vorgebbaren Schwellenwert der zulässigen grünen Bildsignale verglichen werden und

c) bei Überschreiten des Schwellenwertes die Abgabe von Herbiziden oder andere Unkrautbekämpfungsmaßnahmen ausgelöst wird,

d) und die Verarbeitung der Farbinformationen durch die Sensoren in Echtzeit entsprechend der fortlaufenden Abtastung erfolgt und die in Abhängigkeit von dem Abtastergebnis gesteuerte Herbizidabgabe oder andere Unkrautbekämpfungsmaßnahmen mit einer Zeitverzögerung erfolgt, die dem örtlichen und zeitlichen Abstand des Abgabeortes für die Herbizide und dem Abtastort der Farbinformation entspricht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, zur Anwendung in Getreidebeständen, dadurch gekennzeichnet, daß bei Gegenwart des jungen Getreides an kleinen durch Vorbehandlung unkrautfreien Getreidekontrollflächen Schwellenwerte eingestellt werden, deren Überschreitung oder Unterschreitung die Sensor gesteuerte Unkrautbekämpfung auslösen.

3. Vorrichtung zur regelbaren Abgabe von Herbiziden einer Abgabevorrichtung mit Ventilen, Düsen oder dergleichen und einem Behälter für die Herbizide nach dem Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen verfahrbaren Untersatz (20) mit mindestens einem optischen Sensor (30) wie Videokamera, einem mit optischen Sensoren (30)

Antony Aquilino & Co

319 888 8293
8

P. 06

7

gekoppelten Rechner (32) mit Datenspeicher sowie damit gekoppelten Impulsgeber (33), für das Öffnen und Schließen der Ventile oder Düsen (31) der Abgabevorrichtung für die Herbizide oder andere Techniken zur Unkrautbekämpfung.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein oder mehrere Sensoren (30) und eine zugeordnete Anzahl von Ventilen, Düsen (31) zu einem Segment (10) zusammengefaßt sind und an dem verfahrbaren Untersatz (20) mindestens ein Segment angebracht ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Segmente (10) verstellbar an dem Untersatz (20) angebracht sind.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer:
Int. Cl. 3:
Offenlegungstag:

DE 41 32 637 A1
A 01 M 7/00
8. April 1993

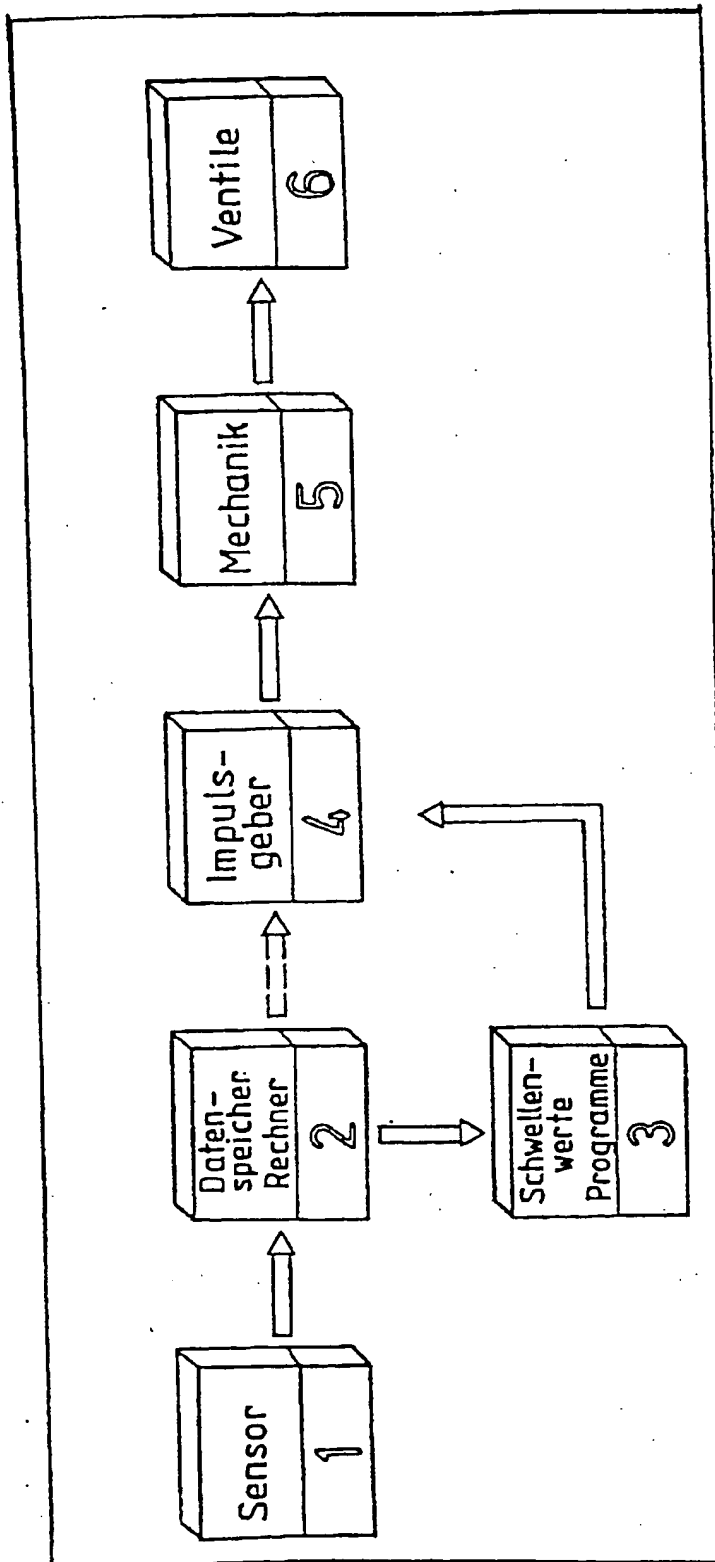


Abb. 1

ZEICHNUNGEN SEITE 2

Nummer:

DE 41 32 837 A1

Int. Cl.:

A 01 M 7/00

Offenlegungstag:

8. April 1993

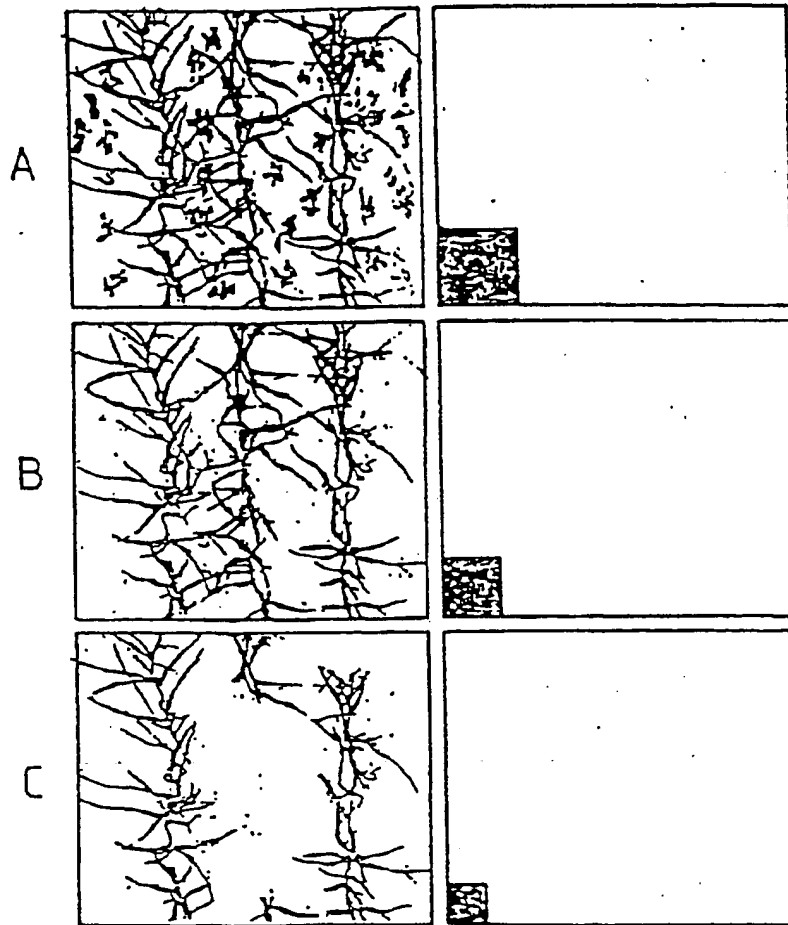


Abb. 2

ZEICHNUNGEN SEITE 3

Nummer:

DE 41 32 637 A1

Int. Cl. 5:

A 01 M 7/00

Offenlegungstag:

8. April 1993

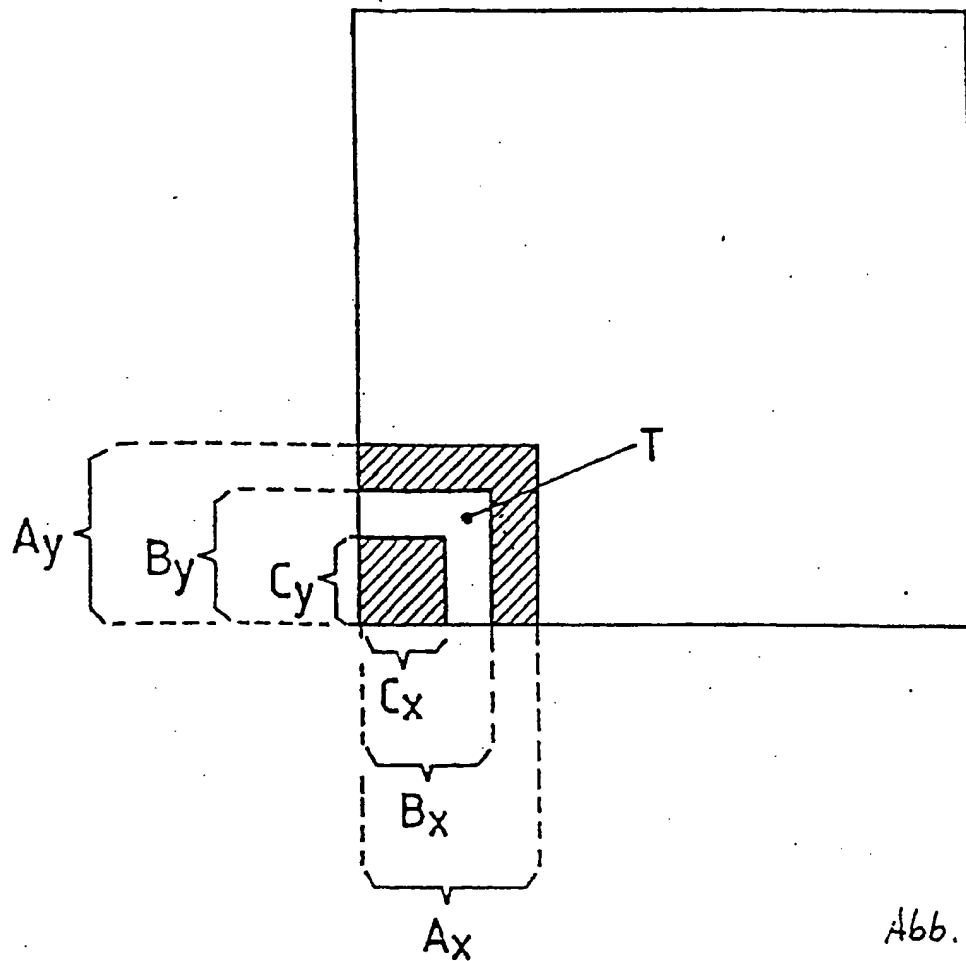


Abb. 3

ZEICHNUNGEN SEITE 4

Nummer:
Int. Cl. 8:
Offenlegungstag:

DE 41 32 637 A1
A 01 M 7/00
8. April 1993

Abb.: 4

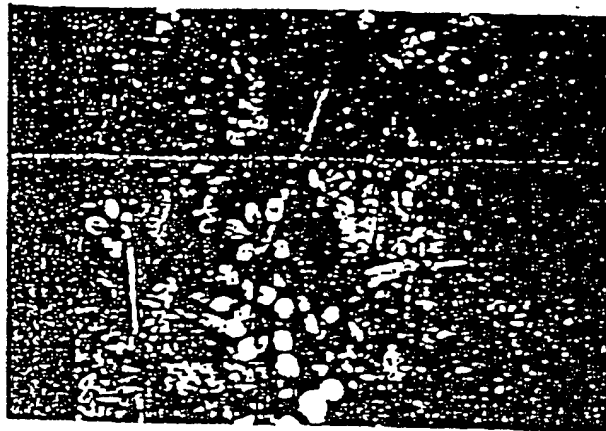


Abb.: 5

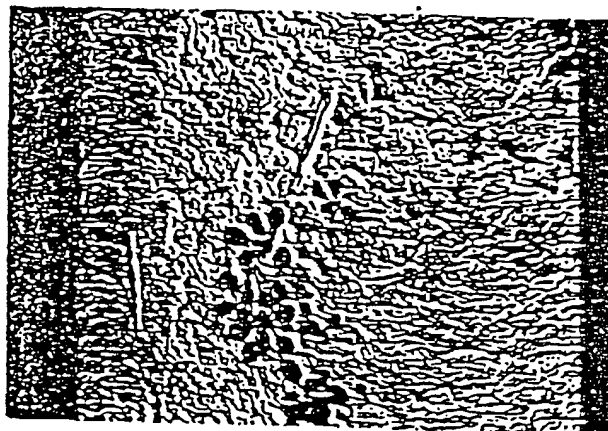


Abb.: 6



ZEICHNUNGEN SEITE 5

Nummer:

DE 41 32 637 A1

Int. Cl. 3:

A 01 M 7/00

Offenlegungstag:

8. April 1993

Abb.: 7

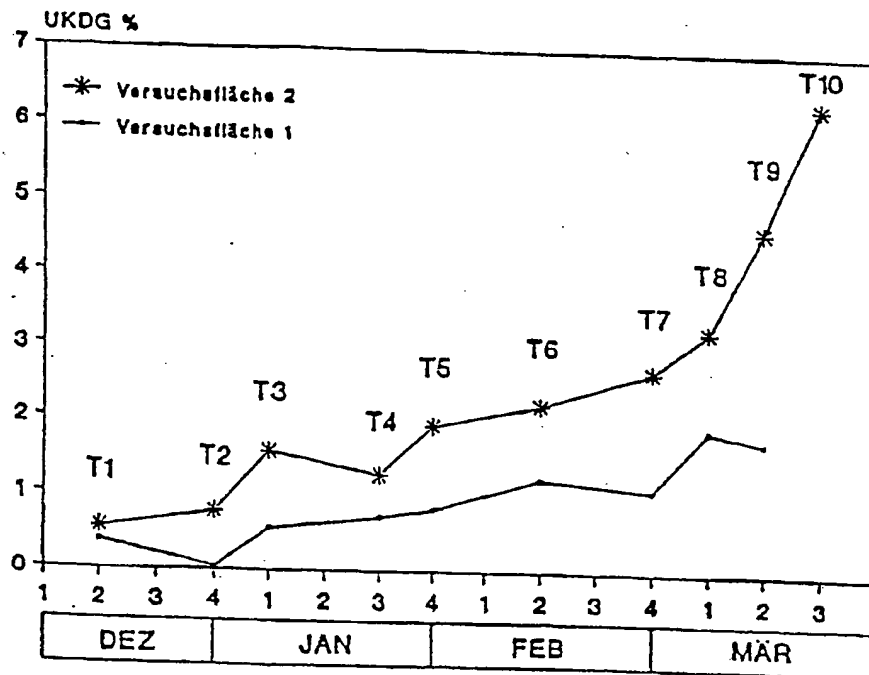
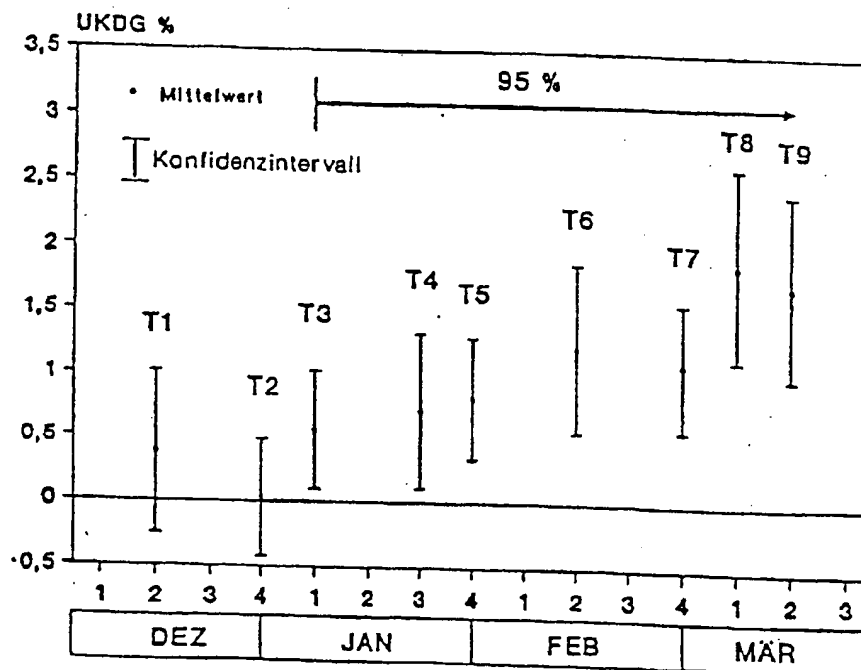


Abb.: 8



ZEICHNUNGEN SEITE 8

Nummer:

DE 41 32 637 A1

Int. Cl.5:

A 01 M 7/00

Offenlegungstag:

8. April 1993

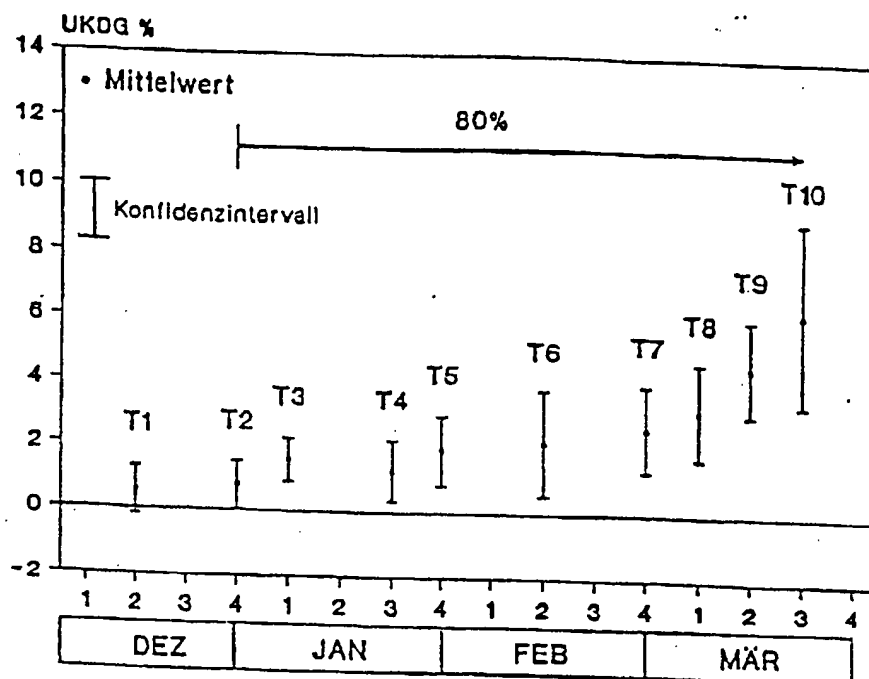


Abb.: 9

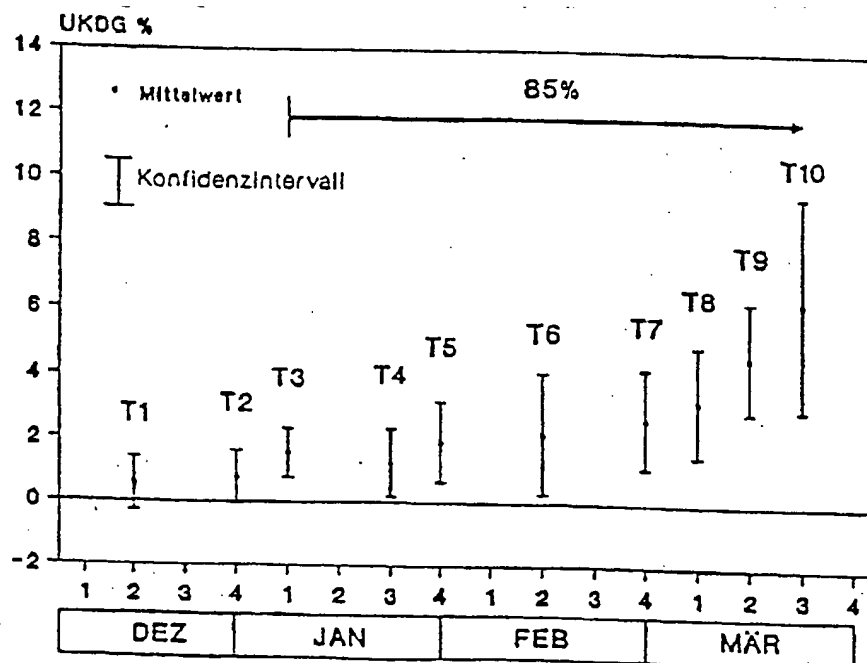


Abb.: 10

ZEICHNUNGEN SEITE 7

Nummer:

DE 41 32 537 A1

Int. Cl. 9:

A 01 M 7/00

Offenlegungstag:

8. April 1993

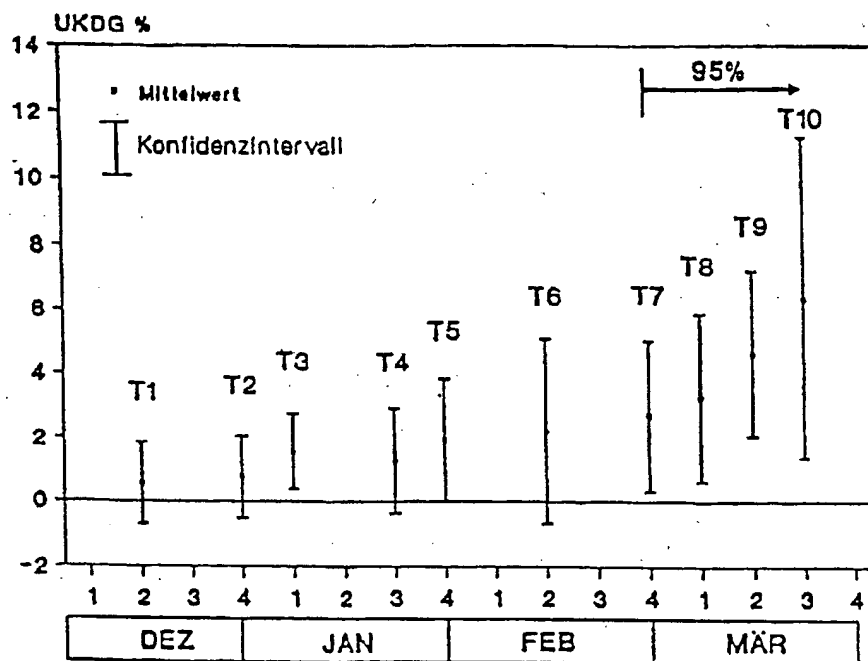


Abb. : 11

ZEICHNUNGEN SEITE 8

Nummer:

DE 41 32 637 A1

Int. Cl. 5:

A 01 M 7/00

Offenlegungstag:

8. April 1993

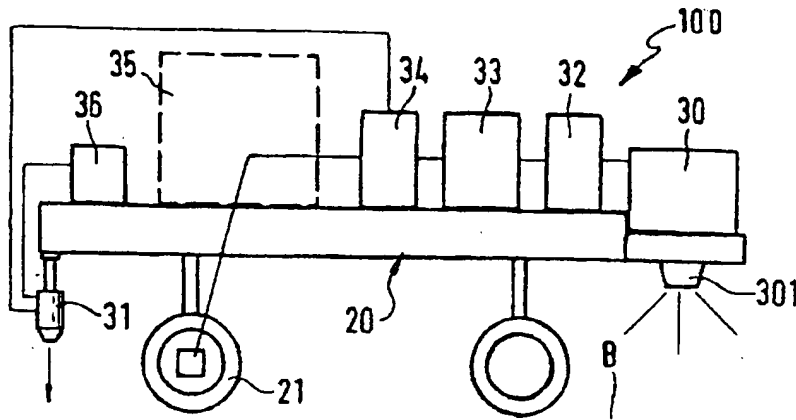


Abb. 12

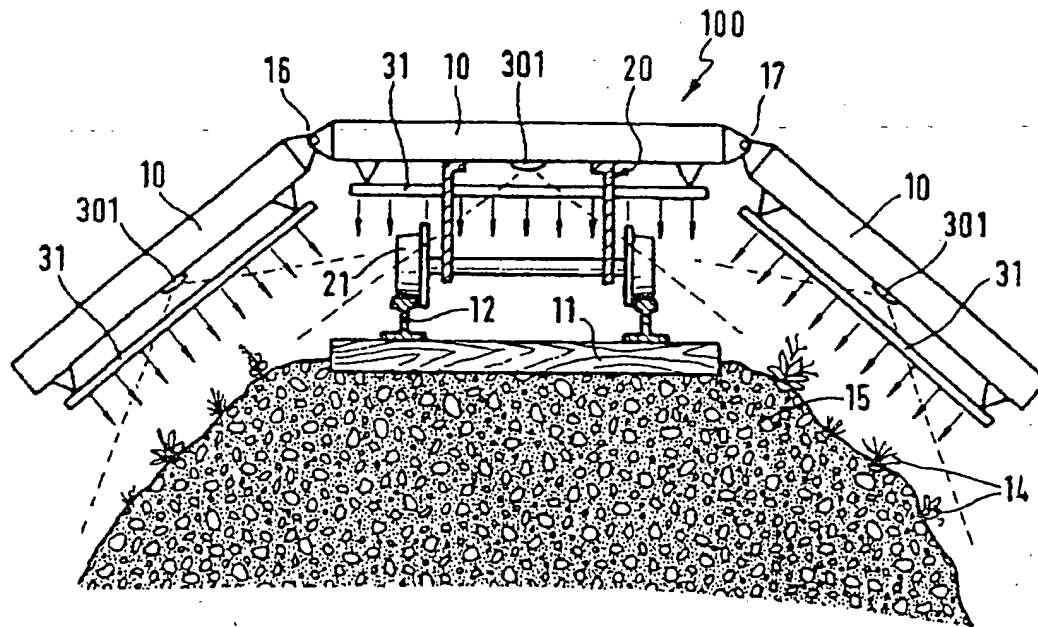


Abb. 13

TRANSLATION

German patent application Offenlegungsschrift DE 41 32 637 A1
Applicant and inventor: Professor Dr. Walter Kühnbach, Buschhoven
Filed: October 1, 1991
Laid open: April 8, 1993

Process and apparatus for controlled combating of weeds

The invention describes a process and an apparatus for the dispensing of herbicides in weed control in dependence on the degree of weed control optically grasped and computer-supported (Fig. 12).

Specification

The invention relates to a process and to an apparatus for the combating of weeds in useful-plant cultivation as well as on cultivated terrain, such as paths, railway embankments, by spraying of herbicides or use of other agents on overgrown land.

Undesired vegetation (weeds) is eradicated in useful plant cultivation, especially in agriculture but also on cultivated land, paths, streets, courtyard areas as well as in the area of railway tracks and railway embankments, as a rule with herbicides. Frequently to exclusively the elimination of these undesired plants occurs by flat dispensing of herbicides. The surface dispensing is largely unaimed there and has the consequence that to a great extent areas are sprayed with herbicides on which no weed growth or negligibly little weed growth is taking place.

Dec-09-96 12:45P

P-08 _ _

- 2 -

This type of herbicide dispensing presents, therefore an unnecessary burden on the environment in the above-mentioned areas, which under all circumstances is to be avoided. Other known measures against weeds also suffer from deficient precision in the application and are, therefore more expensive and/or more harmful than would be necessary.

For the solution of the problem there is proposed the process according to patent claim 1.

The invention is distinguished in that the herbicide spraying or other measures of weed control (for example burning-off) are coupled with optical sensors and over automated image-analytic evaluation of the sensor data the process of weed combating is controlled or triggered.

In this manner it is possible, in a continuous scanning of a terrain to adapt the amount of the sprayed herbicide to the weeds present, i.e. to the degree of covering. Not only is expensive herbicide saved, but also the burden on the environment is reduced.

The invention uses a true-color sensitive quantitative image analysis by means of a computer. Here, for the discrimination and quantitative selection of a weed population, use is made of the distinctive spectral information of soil and plant, and over a computer-supported color class formation there is set up a two-dimensional binary picture. This binary picture is compared

Dec-09-96 12:46P

Anthony Asquith & Co

519 888 6093

P.09.07

- 3 -

with predetermined threshold values, according to area of application, in the computer, in order on falling below or exceeding the threshold values to trigger an impulse for the control or delivery of herbicide.

An apparatus according to the invention for the execution of the process of the controlled (i.e. regulatable), dispensing, in dependence on the weed covering, of the amount of herbicide per area unit or other weed control measures, is proposed according to the characterizing features of patent claim 2. In order simultaneously to scan relatively large areas and to spray them according to need, there are preferably arranged several optical sensors in a line, in which arrangement these can be adjustable individually or also grouped into several units, for example for adaptation to the underground. Advantageous developments of the invention are to be learned from claims 3 and 4.

The invention is explained in the following on examples of execution. In the figures:

Fig. 1 shows the principle of the image-analytically controlled herbicide delivery,

Fig. 2 a schematic representation of the green information of a grain field,

Fig. 3 the tolerance range of the green information according to claim 2,

Dec-09-96 12:40r

Auth:

Asaith & Co

319 888 60

P. 18.00

- 4 -

Figs. 4-6 show image evaluation of the red-green-blue (RGB) signals,

Figs. 7-11 measurements of weeds in grain fields in front of background of the young grain crop,

Fig. 12 shows a schematic side view of a drivable apparatus for controlled herbicide dispensing or other weed control measures on railway embankments.

In the following the invention is explained as a problem solution in measures against weeds in the example of a herbicide spraying.

In Fig. 1 there is represented the principle of sensor-controlled or image-analytically controlled herbicide spraying in the essential components 1 to 6. The signal base proceeds from a sensor sensitive with respect to plants, for example IR- or GREEN-sensitive optical component 1. The signal processing 2 is focused on a binary evaluation of the image information (binary image), which distinguishes between vegetation (image surface covered by plants) and non-vegetation (image area free of plants). Image entry and image evaluation are to be carried out in virtually real time in the grating of for example, 512-512 or 1024-1024 image points (pixels). The circuit impulse generator 4 with which over a mechanical system, for example in the

- 5 -

case of herbicides 5, the spraying process is triggered at the spray valves 6 can occur with any growth of weeds: in this case the spraying process is triggered solely over the spectral and the geometric sensitivity (resolution in image points) Alternatively to this, variably programmed threshold values can be can be predetermined over the control unit 3. In this case the signal flow goes over the component 3, impulse generator 4, mechanical system of the spray triggering 5 to the spray valve 6.

The system scope represented in Fig. 1 of the image-analytically controlled herbicide spraying or weed control is explained in the application case of a herbicide spraying in grain fields.

With the present practice of weed control in cereal cultivation, according to experiences of the past years in more than 50% of the cases of application herbicides are used without its being prevented that therewith there were greater yield losses than correspond to the cost expenditure for the treatment measure. Lastly it is a matter of reducing the herbicide expenditure wherever this is possible and to restrict it to the actually necessary scope: i.e. the precision of the herbicide utilization in grain cultivation must be improved.

Dec-09-96 12:46P

Anthony Asquith & Co

519 888 6093

P. 12

- 6 -

There is proposed a detection of the degree of weed covering in the grain with color-sensitive video sensors, or infrared sensors and processing of the color information in real time, in order to control the spraying process therewith. In the grain there are detected the image signals both of the cultivated plants and also of the weed plants.

As point of departure it is assumed that the number of green image points insofar as these originate from the grain represents a relatively constant value, the level of which is gone below by spotty crops and is exceeded by too-dense or weed-covered crops.

Fig. 2 shows a schematic representation of the "green information" of weed-infested (A), weed-free (B) and spotty grain crops (C). Left half of picture: crop exposure as a binary image.

Right half of picture: Number of the image points identified as plant mass.

In practical application a preliminary treatment with first-runnings herbicides is carried out on small area sections of the grain field. There results thereby in the particular grain field a control strip ("training field") which is largely free of weeds and the leaf green of which comes almost exclusively from grain. With the aid of these control strips there are recorded image signals which correspond to the admissible threshold value B of the green image points, see Fig. 2. The frequency of the image points A going beyond case B (see Fig. 2) comes as a rule from

Deq-09-96 12:47P

P.08

- 7 -

undesired accompanying vegetation and, according to program, triggers the spraying process or other control measures. The consideration of spotty (or vacant) places in the grain crop is significant since also in this area by reason of a growth undisturbed over a relatively long time there can take place a strong competition of the weeds against the cultivated plants. This case is represented in Fig. 2 with the image point amount C.

There is thus yielded a tolerance range T, i.e. a tolerable range of the green image points, in which the spraying process is omitted, from the number of image points corresponding to the formula

$$T = A - [(A-B) + C.]$$

Analogously to Fig. 2, the tolerance range t, see Fig. 3, is graphically represented.

Fig. 3 shows the tolerance range T of the "green information" admissible in the grain. The triggering range for the spraying process or other control measures is represented with shading.

The triggering range is yielded from Fig. 2 in upward direction on exceeding of the image points of B in the two area axes Bx and By, and downward on falling below of the image points of C in both area axes Cx and Cy.

Dec-09-96 12:48P

P.09

- 8 -

Figs. 4 to 6 show processing steps for the image evaluation of weed pictures (RGB signal) proceeding from the digitalized original picture, see Fig. 4, over an amplification of the "green information" by color difference formation, see Fig. 5, up to the binary image with which the number of green image points or their area share is represented, see Fig. 6.

The exclusive green information can occur either over this true-color discrimination or over infrared recordings, see, for example, *Angewandte Botanik* (Applied Botany) 59, 209-218, 1985 article by W. Kühnbach or *J. Agronomy Crop. Science* 153, 32-39, 1984.

In particular:

Fig. 4 shows the digital image original for the detection of the leaf green,

Fig. 5 the amplification of the green information by color difference Red-Green (R-G),

Fig. 6 the binary image with the image points identified as plant mass.

Figs. 7-11 show on two differently weed-infested areas, see Fig. 7, that even a small scope of the weed-infestation (areal) in front of the background of the grain is surely recognized image-analytically, see Fig. 8. In the more severely weed-infested grain area 2, before the background of the grain the weed growth was possible to detect over a relatively long vegetation time with a certainty of 80 to 95%.

- 9 -

Fig. 7: Course of the weed-cover degree in % (UKDG%) in the winter wheat crop in the test areas 1 and 2 at times (Terminen) (11 to 110)--mean from 6 repetitions.

Fig. 8: Mean values of the weed-covering degree in % (UKDG%) of the individual investigation times (11 to 19) on test area 1 (significance level of the confidence interval = 95%), indicated time span in which the lower confidence interval limit remains greater than or equal to zero.

Fig. 9: Mean values of the weed-covering degree in % (UKDG%) of the individual test times (11 to 110) on test surface 2 (significance level of the confidence interval = 80%), indicated time span in which the lower confidence limit remains greater than or equal to zero.

Fig. 10: Mean values of the weed covering degree in % (UKDG%) of the individual test times (11 to 110) on test area 2 (significance level of the confidence interval = 85%), indicated time span in which the lower confidence interval limit remains greater than or equal to zero.

Fig. 11: Mean values of the weed covering degree in % (UKDG%) of the individual test times (11 to 110) on test surface 2 (significance level of the confidence interval = 95%), indicated time span in which the lower confidence interval limit remains greater than or equal to zero.

Dec-09-96 12:49P

P.11

- 10 -

The common problem of weed control on railway embankments and in row cultivations lies in that both in the inter-rows of agriculture row cultivations such as maize (corn) or sugar beets as well on railway embankments any weed growth is undesirable. I.e., all vegetation detected in the inter-rows of row cultivations or on railway embankments is to be suppressed with use of herbicides or other suitable measures. In both cases of application the areas to be treated are to be detected optically in parallel strips, i.e. the system scope represented in Fig. 1 is here to be used in principle in a multiple arrangement.

The maintenance of safety and economy of the railway operation requires inter alia measures against weed growth on railway embankments and track installations. By the plant growth the undisturbed airing and irrigation of the gravel bed would be hampered and therewith the carrying capacity and stability of the track installations would be endangered (Laermann 1985).

The detectable burdenings of the vegetation of soils and waters (streams?) by herbicides and the extensive sensitization of the population against plant protective agents, however, demand that herbicides be used still only pinpointedly. The practice of the weed control on lands of the federal railway (BB) was very lately exposed again and again to public criticism, because

Dec-09-96 12:49P

- 11 -

herbicides are used in excessively large quantities and these led in part to the contamination of adjoining zones of the vegetation as well as of waters.

A further use of the application is the problem solution on railway embankments.

For the solution of the above-mentioned problem there is proposed a sensor-controlled herbicide use. The outputting of herbicides is here to be restricted to the regions of the rail body and of the railroad embankments on which there actually does occur plant growth. I.e., the herbicide use occurs only in points and is directly bound to the "recognition" of the leaf green by the sensor. The control of the spraying process occurs according to the principle shown in Fig. 1 with suitable subdivision of the Track body (Bahnkörpers) into parallel strips, which are separately scanned by the optical system and sprayed.

In the present case it is to be pointed out especially that a precise distinguishing of the plant members before the relatively uniform background of the track bedding is with the greatest probability successfully accomplished. If need be, as described above, the color yield of the plants as well as of the background can be resolved into its color components red, green and blue, and by various methods of calculation of the digital image data the green information can be amplified. Computer steps of this type can be carried out in quasi real time.

Dec-09-96 12:50P

Anthony Asaulth & Co

519 888 6030

P. 18...

- 12 -

Probably, however, it is sufficient on track bodies to represent the plant recognition with a sensor sensitive in the green spectral range or IR.

The proposed solution proposal surpasses the present state of the art by far (compare literature) and should lead to a considerable saving of herbicides for plant growth control on track bodies and railway embankments.

A drivable apparatus for the detection of weed infestation and regulation of the delivery amount of herbicide in time and place is represented in Fig. 12.

On a cart 20, for example in the case of railway embankments, a track mounting (Bahnlafette), there is constructed a combination of apparatuses which preferably contains in a line several optical sensors, such as video cameras 30, the eye 301 of which is directed downward in direction ground B. The video cameras 30 are coupled to a computer 32 with storage unit, which processes the arriving color signals, compares them with threshold values and forwards corresponding signals to the impulse generator 33.

Besides the impulse generator 33 there is provided on the drivable support 20 with wheels 21 the herbicide container 35, as well as one or more spraying devices, i.e., valves 31, nozzles or the like.

- 13 -

The sensors are mounted in front in the traveling direction of the support 20, while the valves 31 are arranged on the rear end of the support. For the compensation of the time lag of the distance between sensor a appertaining values on the support dependent on the traveling speed of the support, there is engaged still another delay member 34 with scanning of the traveling speed between impulse generator 35 and valves 31. For the spraying of liquid herbicide there is provided, in addition, a compressor 36 in the feed line from the container to the valves.

In Fig. 13 there is schematically represented a possible formation of the device according to Fig. 12 in the case of use on a railway embankment 15 with a track installation 11, 12.

The drivable support 20 rolls with its wheels 21 on the tracks 12. In adaptation to the track body 15 which in part has weeds 14, the drivable support 20 is equipped with three segments 10 for the optical detection of the surface of the track body and subsequent regulated spraying. Each segment 10 is equipped with at least one video camera with eye 301 for a detection range (cone) and a spraying arrangement, for example in the form of a bar with nozzles 31, which covers the zone which the allocated sensor-video camera scans.

For the track body according to Fig. 13, the drivable support is equipped with 3 segments 10, the middle segment being mounted on the support, and to the right and to the left a lateral segment overhangs, which is adjustable over hinged arms 16, 17, and is therewith adaptable to the underground.

Dec-09-96 12:51P

Anthony Asquith & Co

519 888 609

P.28

- 14 -

The central arrangements such as herbicide container, computer, impulse generator, delay arrangement are provided only on one segment, for example the middle one, i.e. directly on the drivable support. It is also possible to arrange two or more sensors on a segment.

Under consideration of the traveling speed as well as of the distances from sensor to valves, the "green information" of the video color television camera is determined with computer support in real time and evaluated. With overstepping of a threshold value programmed in the computer--tolerance range of the "green information"--in image signals the delivery of herbicides is then regulated over the opening and closing of the valves or nozzles. It is therewith ensured that herbicides are used only in the zones of the track body in which weeds are actually present. When no "green signal" comes, then neither is there any spraying.

- 15 -

Patent Claims

1. Process for weed control in useful plant cultivation as well as on built-up land, such as roadways, railway embankments, by spraying of herbicides on overgrown underground, characterized in that

a) the underground is continuously scanned by means of optical sensors and the color signals obtained from the optical sensors are converted by means of a computer into binary image signals of the qualities

--green image signals for image area covered by plant green,

--non-green image signals for image area free from plant green;

b) the binary image signals thus obtained are continuously compared with a predeterminable threshold value of the admissible green image signals and

c) on overstepping of the threshold value there is triggered the dispensing of herbicides or other weed control measures,

d) and the processing of the color information data by the sensors occurs in real time in correspondence to the continuous scanning and the herbicide dispensing or other

- 16 -

weed-control measures controlled in dependence on the scanning result occurs with a time lag which corresponds to the spacing in time and place of the dispensing point for the herbicides and the scanning point of the color information.

2. Process according to claim 1 for use in grain crops, characterized in that on presence of young grain or small grain control areas free of weeds by preliminary treatment, threshold values are set in, the exceeding or falling-below of which trigger the sensor-controlled weed control.

3. Apparatus for the regulatable dispensing of herbicides of a dispensing apparatus with valves, nozzles or the like and a container for the herbicides according to the process of claim 1, characterized by a drivable support (20) with at least one optical sensor (30) such as a video camera, a computer (32) a coupled with optical sensors (30), with data storage as well as impulse generator (33) coupled with it, for the opening and closing of the valves or nozzles (31) of the dispensing device for the herbicides or other techniques for weed control.

4. Apparatus according to claim 3, characterized in that one or more sensors (30) and an allocated number of valves, nozzles (31) are comprised into a segment (10), and at least one segment is mounted on the drivable support (20).

5. Apparatus according to claim 4, characterized in that the segments are adjustably arranged on the support (20).

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)